

综合地球物理方法在大庙铁矿 斜长岩杂岩体中的应用

张鲁新^{1,2}, 张作伦^{1,2}, 曾庆栋¹, 刘建明¹, 叶 杰¹,
于昌明¹, 卢回忆^{1,2}, 覃 峰^{1,2}, 张伟庆^{1,2}

(1. 中国科学院矿产资源研究重点实验室, 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 大庙斜长岩杂岩体中赋存有丰富的钒钛磁铁矿矿体。本研究采用亚米级差分 GPS 准确确定出地表已知矿体出露位置; 利用氦光泵磁力仪 (HC-95a) 在平面上确定出 3 条规模较大高磁异常带, 并确定异常带的延伸方向; 借助 EH4 电磁成像系统解析主要高磁异常带 (矿化带) 向地下深部延伸情况。三种物探方法在研究区的联合应用, 清晰地展现出研究区成矿潜力, 达到了综合找矿、评价目的。本次工作说明, 三种物探方法地结合, 可以作为快速寻找、评价钒钛磁铁矿矿体的推广性方法。

关键词: 大庙斜长岩杂岩体; 磁铁矿; 差分 GPS; 氦光泵磁力仪; EH4

中图分类号: P631.2; P631.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4051(2008)07-0096-04

Application of integrated geophysics method in Damiao anorthosite complex

ZHANG Lu-xin^{1,2}, ZHANG Zuo-lun^{1,2}, ZENG Qing-dong¹, LIU Jian-ming¹,
YE Jie¹, YU Chang-ming¹, LU Hui-yi^{1,2}, QIN Feng^{1,2}, ZHANG Wei-qing^{1,2}

(1. Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2. Graduate University
of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The Damiao anorthosite complex is rich in vanadium titanomagnetite ore bodies. In this case, we determined the position of known ore body on the earth's surface correctly with the differential GPS in sub-meter level, discovered three large scale magnetic anomalies with the Helium optically-pumped magnetometer, confirmed the directions of those stretch, and realized how the main high-magnetic anomalies extended underground with the EH4-electromagnetic image system. By the unity of the three geophysics methods, the potential of mineral resources was showed clearly, and the purpose of prospecting and estimate was achieved. This case shows that the unity of the three geophysics methods can be a generalized method of quickly-prospecting and estimating the vanadium titanomagnetite ore bodies.

Key words: Damiao anorthosite complex; magnetite; differential GPS; helium optically-pumped magnetometer; EH4

大庙斜长岩杂岩体位于河北承德以北的大庙、马营至上苍一带。东西长约 40km, 南北宽 2~9km, 由东部和西部两个地表不连续的个体组成, 西部岩体约 88km², 东部岩体约 32km²。其主要岩石类型为斜长岩和苏长岩。苏长岩是成矿母岩, 其中产有与苏长岩呈渐变关系的钒钛磁铁矿矿体。前

人对于该岩体的研究, 主要集中于岩石学、地球化学方面^[1-5], 未见文章专门报道如何有效寻找、评价岩体内蕴藏的钒钛磁铁矿矿床。

目前, 我国矿产勘查以“攻深探盲”为特征, 物探方法是寻找、评价隐伏矿体的重要手段^[6]。在以往找矿工作经验积累基础上, 在大庙斜长岩杂岩体的找矿实践中, 先后采用亚米级差分 GPS、氦光泵磁力仪 (HC-95a)、EH4 电磁成像系统, 从地质实际、平面延长、垂向延伸三个角度, 对研究

收稿日期: 2008-04-21

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (2006CB403507)

作者简介: 张鲁新 (1982-), 男, 在读硕士研究生。



区进行解剖，以达到综合找矿评价目的。

研究区位于黑山-大庙基性杂岩体中。矿区存在采场、矿化露头多处。因地表覆盖较厚，仅少数矿体见地表边界，矿体连续性未知。已知矿体最长达 300m，宽可达 200m。矿区岩浆岩出露广泛，主要是斜长岩、苏长岩，以及少量闪长玢岩脉。苏长岩侵入斜长岩体中，是钽铌磁铁矿的母岩。矿体呈似层状产于苏长岩中，与围岩主要呈渐变、过渡关系，偶见贯入式矿体，为晚期矿化产物。区内构造活动明显，斜长岩、苏长岩均有破碎，为成矿后构造引起，但未见明显断裂错动、褶皱构造。区域构造以近 EW 向、NNE 向、近 SN 向、NW 向为主。

1 高精度磁法测量

早在 20 世纪 50~60 年代，磁法勘探就已在铁矿普查方面做出了重大贡献^[7]。磁法探测仪器也由最早灵敏度为 1nT 的磁通门磁力仪，经过灵敏度为 0.1nT 的质子磁力仪，过渡到目前灵敏度为 0.01nT 的光泵磁力仪^[8]。本次工作使用的是国土资源部航空物探遥感中心为地面磁测量而设计的 HC-95a 手持式氦（He⁴）光泵磁力仪，该仪器被称为我国地面磁力仪的更新换代产品^[9]。关于该仪器的特点已有文章报道过，在此不予详述^[10-11]。

1.1 工区布置与质量评述

矿区共进行高精度磁法剖面测量 48 条，测线方向 0°，测线间距 100m、50m，测点间距 20m。测线总长 66540m，测点 3480 个，面积 7.0825km²。区内地形变化较大，植被发育，为了保证定位精度，物探测点位置通过亚米级差分

GPS 完成。GPS 测量在精确定位各物探测点的基础上，个别地段有加密。为了检查本次工作测量数据的可靠性，我们做了 114 个点的重复性测量，重复性测量结果显示，测点最大相对误差 0.374%，最低相对误差 0.029%，平均相对误差 0.095%。表明本次工作获得的高精度磁法数据可靠。

1.2 异常特征与解译

矿区最大磁场值 64767.35nT，最小磁场值 514701.01nT，平均磁场值 55328.79nT，背景磁场值 54000nT。结合亚米级差分 GPS 准确确定出的地表矿体出露位置，数据处理过程中大致以 56000nT（相对磁异常 2000nT）为下限圈定矿化异常。

为了进一步揭示高磁异常体在横剖面上的空间展布特征，对各测线绘制了高精度磁法测量散点图。文中仅以布有 EH4 电磁测深线的 EH-1 线和 EH-3 线为例加以说明（图 1）。

EH-1 线测量结果表明，该线最大相对磁场值 4229.42nT，最小相对磁场值 843.65nT，平均相对磁场值 1811.49nT。其中 100~1280m 存在宽 180m 明显高磁异常区，总体具有南高北低趋势，最大磁场值位于 200m（图 1a）。

EH-3 线测量结果表明，该线最大相对磁场值 3700.05nT，最小相对磁场值 -182.07nT，平均相对磁场值 1126.76nT。其中 2420~2580m 存在宽 160m 明显高磁异常区，总体具有南高北低趋势，最大磁场值位于 2460m（图 1b）。

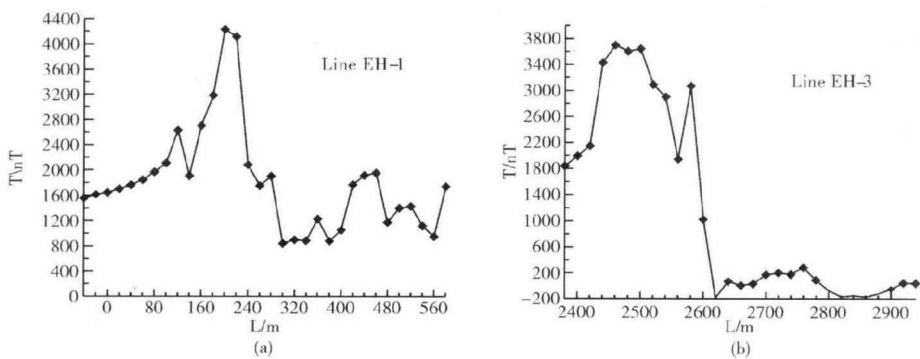


图 1 高精度磁法测量散点图

2 EH4 测深与解译

EH4 是美国 GEOMETRICS 和 EMI 公司联合生产的一种便携式地球物理探测仪，该仪器应用天然电磁场和人工补偿的电磁场信号作为信号源，可

有效测量并记录测线下部 800m 范围内不同地层的反射波信号。通过数据处理，绘制出测量断面的连续电导率断面图。该仪器具有较高的分辨率，为探测某些小的地质构造和区分电阻率差异不大的地层

提供了可能性。该仪器已被成功应用于矿产资源勘查实践中^[12-15]。EH4 电磁成像系统原理已有专门的讨论^[15-16]，本文不再论述。

2.1 工区布置与测量

确定已知矿化带在平面延伸后，为确定矿化带向深部延伸情况，解析矿体垂向形态，进行了 EH4 连续电导率剖面测量。全区共开展 EH4 电磁测深线 3 条，测点 51 个，测线总长 1520m，测线分布情况见图 1。测线布置原则是测线方向尽量垂直于高磁异常体走向。测点布置通过亚米级差分 GPS 完成。文中仅以布置于 2[#] 高磁异常体上的

EH-1 线加以说明。

2.2 异常特征与解译

EH-1 测量断面长 560m，测点数 18 个，由南西向北东测量，测线方位 12°。目的是探测高精度磁法测量获得的 2[#] 磁异常带向深部延深情况。EH-1 线 EH4 电磁测量断面图（图 2）上显示了较为简单、清晰的电阻率结构特点，深部电阻率整体较高，浅部在中、高电阻率背景的基础上叠加了陡倾中、低阻异常带，断面图上存在四个向上延伸至地表 40m、140m、240m、500m 处较大低阻异常带。此外，断面顶部具有一近水平低阻异常区。

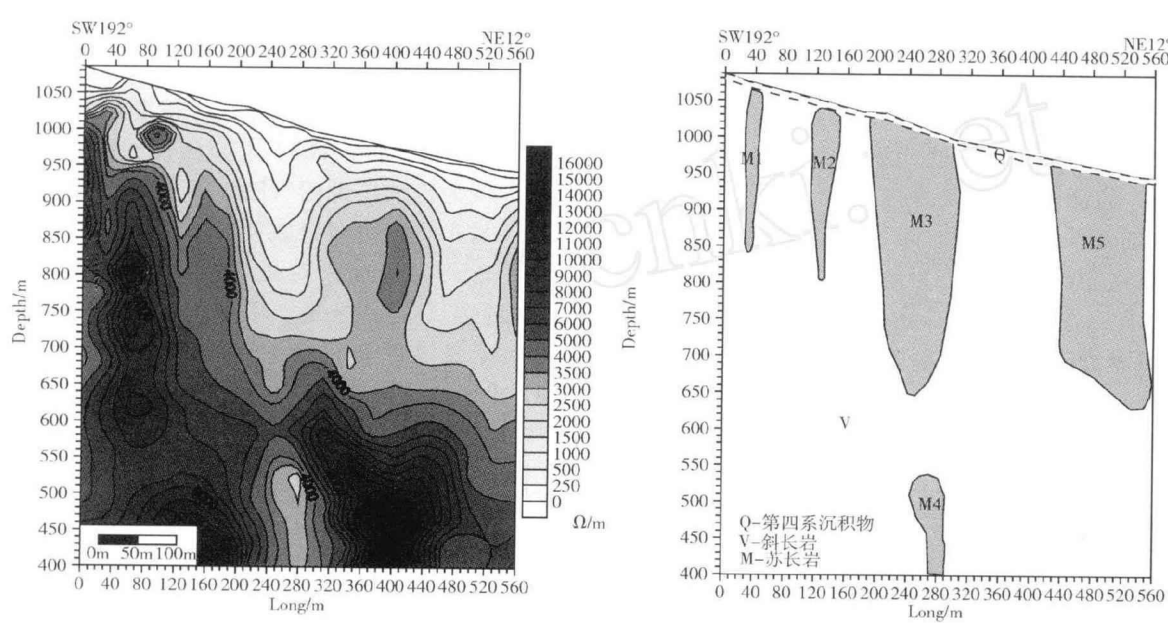


图 2 EH4 电磁测量断面图及地质解译图

40m 处异常规模较小，宽 40m，可延伸至标高 830m。近直立。

140m 处异常宽 40m，可延伸至标高 830m。近直立。

240m 处异常宽 70~120m，向下延深较大，总体近直立，略向 NE 倾，标高 700m 以上异常宽大，600m 附近有减弱趋势，550m 以下异常宽 20~30m。

480m 处异常宽 120m，近直立，略向 NE 倾，可延伸至标高 500m 附近。

根据已有资料，结合地质调查、磁测成果，对 EH-1 线测深资料作出如下解译。电磁测量断面上近水平低阻异常区为第四纪沉积物引起，断面深部中高电阻率为斜长岩，断面上中低电阻率为苏长岩，部分苏长岩即为矿体（图 2）。

M1 苏长岩脉近直立，规模较小，可延伸至标高 830m。对应的相对磁场值为 1764.94nT，地表覆盖严重，含矿性未知。

M2 苏长岩脉近直立，规模较小，可延伸至标高 800m。对应的相对磁场值为 1906.50nT，地表覆盖严重，含矿性未知。

M3 苏长岩脉近直立，向下延深较大，略向 NE 倾，对应最大相对磁场值达 4229.42nT，且地表与矿体相对应，为含矿苏长岩。结合电阻率变化特点，推断矿体延伸至标高 650m，宽 100m。

M4 苏长岩脉位于标高 400~520m，处于 M3 苏长岩之下，二者应为同一岩脉，因赋存空间所限，不连续，宽 20~40m，可能含矿。

M5 苏长岩脉近直立，略向 NE 倾，可延伸至标高 630m 附近，该苏长岩位于一地表已知矿体延



伸方向上，对应一磁异常峰值区，为含矿苏长岩。结合电阻率变化特点，推断矿体延伸至标高 630m，宽 100m。

3 讨论和结论

(1) 本次工作表明，亚米级差分 GPS、氦光泵磁力仪（HC-95a）、EH4 电磁成像系统的结合，是快速寻找、评价钕钽磁铁矿矿体的有效方法。特别指出的是，本次研究中，通过亚米级差分 GPS 准确确定出了地表矿体位置，将采矿区实际位置落到了图中，为地质解译平面、深部两个层次的物探资料提供了依据。

(2) 本次工作对勘查区资源状况做出如下基本判断：矿区矿体规模大，连续性强，具有可观的开采前景。

(3) 大庙斜长岩杂岩体内钕钽磁铁矿矿体地开采已有数十年历史，部分矿区已面临资源危机。可以应用本次研究工作所尝试的技术手段，对岩体中新发现的矿化露头展开评价，发掘岩体成矿潜力。

参考文献

[1] 翟裕生. 某斜长岩的岩石特征及成因 [J]. 地质论评, 1965, 23 (3): 186 - 195.

[2] 解广衰. 大庙斜长岩杂岩体的岩石学特征 [J]. 地球化学, 1980, 3: 263 - 277.

[3] 解广衰, 王俊文. 大庙斜长岩杂岩体侵位年龄的初步研究 [J]. 地球化学, 1988, (1): 13 - 17.

[4] 胡世玲, 王松山, 桑海清, 等. 大庙斜长岩同位素地质年龄、稀土地球化学及其地质意义 [J]. 地质科学, 1990, (4): 332 - 343.

[5] 赵太平, 陈福坤, 翟明国, 等. 河北大庙斜长岩杂岩体锆石

U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2004, 20 (3): 685 - 690.

[6] 刘光鼎, 郝天珧. 应用地球物理方法寻找隐伏矿床 [J]. 地球物理学报, 1995, 36 (6): 850 - 854.

[7] 刘家远, 单娜琳, 钱建平, 等. 隐伏矿床预测的理论和方法 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006: 73 - 84.

[8] 刘建明, 于昌明, 刘红涛, 等. 隐伏矿、深部矿透视探测—快速评价的浅层地球物理技术体系 [A]. 见: 陈毓川, 毛景文, 薛春纪. 第八届全国矿床会议论文集 [C]. 北京: 地质出版社, 2006.

[9] 刘士毅, 张明华. 中国金属矿地球物理勘查 [J]. 地学前缘, 1998, 5 (1 - 2): 201 - 207.

[10] 张作伦, 曾庆栋, 于昌明, 等. 氦光泵磁力仪 (HC - 95a) 在矿体勘查中的应用 [J]. 中国矿业, 2007, 16 (7): 61 - 63, 67.

[11] 梁德超, 邓 军, 杨立强. 地面高精度磁测在胶东某金矿普查区的应用 [J]. 地质与勘探, 2000, 36 (3): 67 - 70.

[12] 张作伦, 曾庆栋, 叶 杰, 等. 草原覆盖区隐伏金属矿体定位预测—以大兴安岭中南段某铅锌矿点为例 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2007, 37 (1): 38 - 40, 64.

[13] 沈远超, 申 萍, 刘铁兵, 等. 东天山镜儿泉铜镍矿床成矿预测及 EH4 地球物理测量依据 [J]. 地质与勘探, 2007, 43 (2): 62 - 67.

[14] 申 萍, 沈远超, 刘铁兵, 等. EH4 连续电导率成像仪在隐伏矿体定位预测中的应用研究 [J]. 矿床地质, 2007, 26 (1): 70 - 78.

[15] 孟贵祥, 蓝 险. EH-4 电导率成像系统的特点及其在金属矿勘探中的应用 [J]. 矿床地质, 2006, 25 (1): 36 - 42.

[16] 郭建强, 武 毅, 邵汝君, 等. Stratagem™ EH-4 电导率成像系统简介及应用 [J]. 物探与化探, 1998, 22 (6): 458 - 464.

(上接第 81 页)

4 结论

(1) 装药车制乳化炸药，是在对影响乳化炸药作功能力的主要因素研究的基础上，进行配方优化研制而成，配方设计合理，组分中不含任何高能燃烧剂或单质炸药。

(2) 采用优化配方后，半成品配制方便，炸药成本下降，优化后的乳胶基质配方性能较好。

(3) 优化配方有推广使用价值。

参考文献

[1] 汪旭光. 乳化炸药 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993.

[2] 王肇中, 汪旭光. 工业炸药作功能力试验方法的探讨 [J]. 有色金属, 2005, 57 (6): 35 - 36.

[3] 王 军. 提高炸药威力和猛度的方法研究 [J]. 爆破器材, 2005, 34 (2): 16 - 18.

[4] 熊代余, 李国仲, 等. BCI 系列乳化炸药现场混装车的研制与应用 [J]. 爆破器材, 2004, (6): 12 - 16.

[5] 龙德权, 张艳梅. ARY1 号岩石乳化炸药研制与生产应用 [J]. 爆破器材, 2006, (3): 6 - 10.

